

# Method and arrangement for control and regulation of a pressure generator for several different hydraulic consumers connected in parallel.

Publication number: DE4229950

Publication date: 1994-03-24

Inventor: BRANDT MATTHIAS (DE); WEGMANN ROLAND DR ING (DE); GRIMM OLIVER DIPL ING (DE)

Applicant: HEMSCHIEDT MASCHTECH SCHWERIN (DE)

Classification:

- international: G05D16/20; G05D16/20; (IPC1-7): F04B1/08; F15B11/02; F15B11/16; F15B21/08; G05D7/06

- European: G05D16/20D6; G05D16/20H

Application number: DE19924229950 19920908

Priority number(s): DE19924229950 19920908

Also published as:

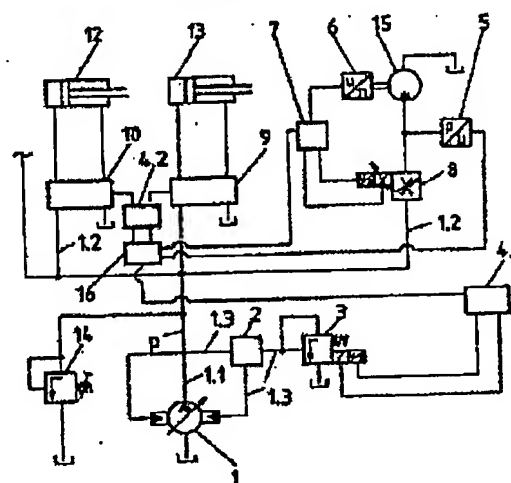
EP0587043 (A)  
EP0587043 (A)  
EP0587043 (B)

Report a data error he

Abstract not available for DE4229950  
Abstract of corresponding document: EP0587043

The object of the invention, by means of an activating electronic unit for the variable displacement pump, is to effect automatically hydraulically regulated adaptation of the delivery flow of the variable displacement pump as a function of the volumetric flow of the different hydraulic consumers at constantly controlled pump pressure. The method according to the invention, after input of the various pressure values into the input unit (16) for the individual hydraulic consumers (12, 13, 15) connected in parallel, provides for the activating electronic unit (4.1) for the variable displacement pump (1) to determine the maximum operating pressure from the pressure values. The pressure level thus predetermined is signalled to the proportional pressure-relief valve (3) with a larger value predetermined in a defined manner. The hydraulic pressure requirement is then secured by the hydraulic pressure-regulating unit (2) via the variable displacement pump (1).

Figur 1



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 42 29 950 C 2

⑳ Aktenzeichen: P 42 29 950.0-15  
㉑ Anmeldetag: 8. 9. 92  
㉒ Offenlegungstag: 24. 3. 94  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 1. 2. 96

㉔ Int. Cl. 8:  
F 04 B 1/08  
F 15 B 11/16  
G 05 D 7/06  
F 15 B 21/08  
F 15 B 11/02

DE 42 29 950 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉕ Patentinhaber:

Hemscheidt Maschinentechnik Schwerin GmbH &  
Co, 19061 Schwerin, DE

㉖ Erfinder:

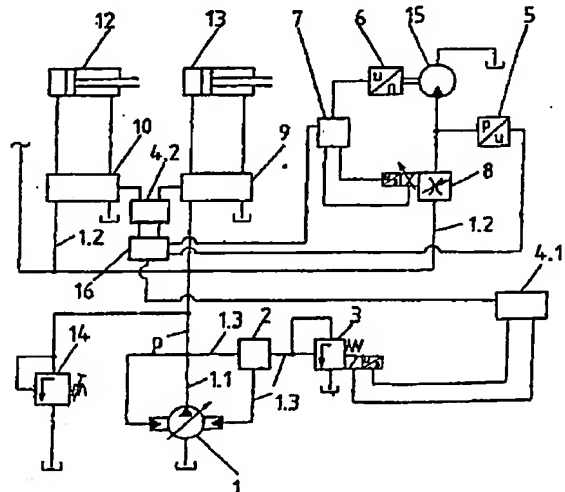
Brandt, Matthias, O-2711 Sülstorf, DE; Wegmann,  
Roland, Dr.-Ing., O-2754 Schwerin, DE; Grimm,  
Oliver, Dipl.-Ing., O-2758 Schwerin, DE

㉗ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 43 357 A1  
FR 26 60 635  
DE-Z.: o + p Ölhydraulik und Pneumatik, Nr. 9, 1992,  
S. 602-613;  
DE-Z.: o + p Ölhydraulik und Pneumatik, Nr. 8, 1990,  
S. 548-553;

㉘ Verfahren und Einrichtung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher

㉙ Verfahren zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers, beispielsweise einer Verstellpumpe, für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen mit zyklisch wiederkehrenden Arbeitsabläufen, die von dem Druckstromerzeuger mit Druckmittel versorgt werden, wobei die Parameter für die Verbraucher und die Drucksolllwerte für den Druckstromerzeuger durch eine Eingabe- und Recheneinheit vorgegeben werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingabe- und Recheneinheit (16) nach der Eingabe der Druckwerte und der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der einzelnen Verbraucher eine Hüllkurve für den gesamten Arbeitszyklus berechnet, die den vom Druckstromerzeuger (1) zu liefernden Druckverlauf über der Zeit vorgibt, so daß der Druckstromerzeuger (1) zu jedem Zeitpunkt genau den Druckbedarf sicherstellt, der sich aus der Anzahl und den jeweiligen Leistungsanforderungen der sich in Betrieb befindlichen Verbraucher (12, 13, 15) ergibt (Fig. 5).



DE 42 29 950 C 2

DE 42 29 950 C2

1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers z. B. einer Verstellpumpe für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen mit zyklisch wiederkehrenden Arbeitsabläufen, die von dem Druckstromerzeuger mit Druckmittel versorgt werden, wobei die Parameter für die jeweiligen Verbraucher und die Drucksollwerte für den Druckstromerzeuger durch eine Eingabe- und Recheneinheit vorgegeben werden.

Aus der DE-OS 39 43 357 ist eine gattungsgemäße Schaltungsanordnung mit einer Ansteuerelektronik für die Magnetspulen von Stellgliedern eines hydraulischen Kreislaufes mit mehreren Verbrauchern bekannt. Die Regelung der Stellglieder für die Verbraucher erfolgt in Verbindung mit der Regelung der Verstellpumpe für den Förderstrom. Verfahrenstechnisch geschieht das so, daß die elektronische Steuerung erst dann wirksam wird, wenn durch einen erhöhten Leistungsbedarf der angeschlossenen Verbraucher die Pumpenfördermenge zur Bedarfsdeckung nicht mehr ausreicht. Um den Pumpenförderstrom dem jeweiligen Bedarf anzupassen bzw. um den maximalen Grenzwert des möglichen Förderstromes nicht zu überschreiten, wird der Förderstrom mit Hilfe der Stellglieder bzw. durch die Regelpumpe dosiert. Dazu besitzen die Stellglieder entsprechende Signaleinrichtungen (Signalaufnehmer und Signalgeber), die als Eingangssignal in die elektronische Steuerung gehen. Das bedeutet, daß erst nachdem der Leistungsbedarf der angeschlossenen hydraulischen Verbraucher durch den eingestellten Förderstrom des Druckstromerzeugers über- oder unterschritten wurde, eine Regelung der jeweiligen Parameter über die Ansteuerelektronik erfolgt. Das hat den Nachteil, daß bei hoher Maschinendynamik und wechselnden Betriebsdrücken die Verbraucher Geschwindigkeitsveränderungen erfahren, bedingt durch Zu- oder Abschaltvorgänge. Diese indifferenten Geschwindigkeitsveränderungen haben nicht nur negative Auswirkungen auf den gleichmäßigen Ablauf einzelner Funktionsinhalte der hydraulischen Verbraucher, sondern beeinträchtigen somit auch die Reproduzierbarkeit des Maschinenzyklus und die Qualität des zu be- oder verarbeitenden Produktes. Dieser Nachteil macht sich besonders bei hoher Maschinendynamik und großer Entfernung des Druckstromerzeugers zum Verbraucher bemerkbar. Bei Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen, wie z. B. bei einer Spritzgießmaschine zur Kunststoffverarbeitung, ist die Einhaltung der verfahrenstechnisch vorgegebenen Parameter des Maschinenzyklusses jedoch zwingend erforderlich. So können z. B. Drehzahl-schwankungen der Plastifizierschnecke, die durch Umschalt- oder Nachregelungsvorgänge hervorgerufen werden, nachteilige Auswirkungen auf das Einzugsverhalten des Kunststoffmaterials, die Plastifizierleistung und die Qualität des Endproduktes haben, die nicht hinnehmbar sind. Eine derartige Lösung ist daher für die Steuerung und Regelung des Spritzgießprozesses bei der Kunststoffverarbeitung ungeeignet.

Ferner ist aus dem Stand der Technik ein sogenanntes "load sensing" Verfahren bekannt, bei dem eine rein hydraulische Steuerung und Regelung des Volumensstromes und des Pumpendruckes erfolgt. Ein solches Verfahren ist jedoch nur zur Steuerung und Regelung von langsamen Bewegungsvorgängen, wie sie z. B. in mobilen Anlagen auftreten, geeignet. Für schnelle und

2

dynamische Bewegungsvorgänge, in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen mit zyklisch wiederkehrenden Arbeitsabläufen, ist eine derartige Steuerung und Regelung zu träge und damit nicht sinnvoll. Ziel der Erfindung ist es, den Steuerungs- und Regelungsaufwand von parallel geschalteten hydraulischen Verbrauchern kostengünstiger und in technischer Hinsicht mit einem geringeren Aufwand an hydraulischen Steuerelementen funktionssicherer zu gestalten.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Steuer- und Regeleinrichtung für den Druckstromerzeuger und für die parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher so zu gestalten bzw. auszubilden, daß beim Betrieb der Verbraucher mit geringstem Energieaufwand keine Unstetigkeiten und keine indifferenten Zustände auftreten.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe in Verbindung mit dem Oberbegriff von Anspruch 1 dadurch gelöst, daß die Eingabe- und Recheneinheit nach der Eingabe der Druckwerte und der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der einzelnen Verbraucher eine Höllkurve für den gesamten Arbeitszyklus berechnet, die den vom Druckstromerzeuger zu liefernden Druckverlauf über der Zeit vorgibt. Dadurch wird durch den Druckstromerzeuger zu jedem Zeitpunkt der Druckbedarf sichergestellt, der sich aus der Anzahl und den jeweiligen Leistungsanforderungen der sich im Betrieb befindlichen Verbraucher ergibt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht verschiedene Ausführungen zur Steuerung und Regelung von parallel geschalteten, unterschiedlichen hydraulischen Verbrauchern. So kann für einen ausgewählten verfahrenstechnischen Verbraucher, der vergleichsweise einen sehr hohen durchschnittlichen Energiebedarf hat, eine Regelung mittels eines Druckaufnehmers erfolgen, wobei eine ständige Anpassung des aktuellen Druckwertes zum Eingabewert der zugehörigen Eingabe- und Recheneinheit vorgenommen wird. Diese Druckregelung erfolgt immer dann, wenn die vorgegebenen Druckwerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher niedriger sind als der aktuelle Druckwert für den ausgewählten Verbraucher ist.

Gemäß der Erfindung kann auch bei einem sich zyklisch wiederholenden verfahrenstechnischen Funktionsablauf in der Werkzeug- oder Verarbeitungsmaschine bei jedem ersten Zyklus der maximale Betriebsdruck als Pumpendruck für den Druckstromerzeuger vorgegeben werden. In diesem Fall wird der tatsächliche Druckverlauf, der sich aus den jeweiligen Maschinenfunktionen ergibt, über vorzugebende Druck- und Zeitangaben als Höllkurve durch die Eingabe- und Recheneinheit ermittelt und in den nächstfolgenden Zyklen wird aufgrund der Ähnlichkeit der ablaufenden Prozesse nach dieser Höllkurve der Pumpendruck gesteuert.

Bei der Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß den Merkmalen im Oberbegriff von Anspruch 4 ist die Eingabe- und Recheneinheit einerseits mit einer ersten Ansteuerelektronik verbunden, die den Druck des Druckstromerzeugers steuert und andererseits mit mindestens einer zweiten Ansteuerelektronik verbunden, die die Verbraucher steuert. Durch die Eingabe- und Recheneinheit wird nach Eingabe der Druckwerte und der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der einzelnen Verbraucher eine Höllkurve für den gesamten Arbeitszyklus berechnet, die den vom Druckstromerzeuger zu liefernden Druckverlauf über der Zeit vorgibt. Durch den Druckstromerzeuger wird

somit zu jedem Zeitpunkt genau der Druckbedarf sichergestellt, der sich aus der Anzahl und den jeweiligen Leistungsanforderungen der sich in Betrieb befindlichen Verbraucher ergibt. Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Druckstromerzeuger eine Verstellpumpe ist, deren Druckregleinrichtung ein Proportionaldruckregelventil zugeordnet ist, das von der ersten Ansteuerelektronik verstellt wird. Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, daß einem ausgewählten Verbraucher mit hohem Energiebedarf ein mit der Eingabe- und Recheneinheit verbundener Druckaufnehmer zugeordnet ist. Dadurch ist für diesen Verbraucher eine von der Hüllkurve abweichende Druckregelung möglich, wenn die Druckwerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher geringer sind, als der vom Druckaufnehmer gemessene Druckwert ist.

Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens und der Schaltungsanordnung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers z. B. einer Verstellpumpe für unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen bestehen darin, daß der Ausrüstungsbedarf für den hydraulischen Kreislauf durch die Einsparung von Ventiltechnik und Steuerungselementen erheblich reduziert wird, was zu größeren Kosteneinsparungen führt. Ferner wird der energetische Wirkungsgrad der hydraulischen Anlage durch die erfindungsgemäße Druckregelung wesentlich verbessert, da die parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher durch die neue Steuerung und Regelung auf einem niedrigeren Druckniveau betrieben werden können und für die Zuschaltung von leistungsstarken Verbrauchern keine besonderen Leistungsreserven erforderlich sind, solange die Förderstromanforderung kleiner oder gleich der bereitgestellten Menge ist.

Die Erfindung soll nachstehend in allgemeinen Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen ist dargestellt

Fig. 1 Hydraulische Schaltung für die Verbraucher einer Spritzgießmaschine zur Kunststoffverarbeitung.

Fig. 2 Diagramm zum Druckverlauf über eine Zykluszeit mit Druckvorgabe aus einer Sollwertbestimmung für drei parallel geschaltete Verbraucher.

Fig. 3 Diagramm zum Druckverlauf über eine Zykluszeit mit sechs parallel geschalteten Verbrauchern, wovon einer ein verfahrenstechnisch ausgewählter Verbraucher ist.

Fig. 4 Diagramm zum Druckverlauf über eine Zykluszeit für drei parallel geschaltete Verbraucher, die durch Differenzdruck geregelt werden.

Fig. 5 Diagramm zum Druckverlauf für drei parallel geschaltete Verbraucher, bei denen innerhalb der Zykluszeit die Druckwertvorgabe nach einer Entscheidungstabelle erfolgt.

Fig. 6 Diagramm zum Druckverlauf für vier parallel geschaltete Verbraucher über zwei Zeitzyklen und einer Druckwertvorgabe nach einem Soll-Ist-Vergleich.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers z. B. einer Verstellpumpe für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher soll zunächst am Beispiel für die verschiedenen Verbraucher einer Spritzgießmaschine zur Kunststoffverarbeitung betrachtet werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist jedoch problemlos auf andere Verarbeitungsmaschinen oder Werkzeugmaschinen übertragbar, wo parallel betriebene Verbraucher mit unterschiedlichem Leistungsbedarf mit Druckmittel versorgt werden müssen. In der

in Fig. 1 dargestellten hydraulischen Schaltung werden von einer druckgeregelten Verstellpumpe 1 aus die Verbraucher Schließeinheit 12, Spritzeinheit 13 und der Plastizierantrieb 15 über eine Förderleitung 1.1 und parallele Leitungszweige 1.2 mit Druckmittel bei einem konstanten Systemdruck versorgt. Der Druck  $p$  in der Förderleitung 1.1 wird durch ein parallel geschaltetes Anlagensicherheitsventil 14 begrenzt. Die Verbraucher Schließeinheit 12 und Spritzeinheit 13 werden über entsprechend vorgeschaltete Ventiltechnik 9 und 10, die als Proportionalsteuerventile bzw. Servo- oder Proportionalregelventile ausgeführt sein können, angesteuert. Die Leistungsparameter für die Verbraucher 12 und 13 werden über eine Eingabe- und Recheneinheit 16, die mit der Ventiltechnik 9 und 10 und einer zweiten Ansteuerelektronik 4.2 verknüpft ist, vorgegeben. Entsprechend dem Leistungsbedarf der einzelnen parallel geschalteten hydraulischen Verbraucher ist die Verstellpumpe 1, durch eine hydraulische Druckregleinheit 2 in einem parallelen Leitungszweig 1.3, verstellbar. Über ein im Leitungszweig 1.3 nachgeschaltetes Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 ist der Einstellpunkt der hydraulischen Druckregleinheit 2 veränderbar. Dieser veränderliche Einstellpunkt bestimmt den Zeitpunkt, bei welchem vorgegebenen Druckwert die Verstellpumpe 1 selbständig einschwenken soll. Das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 ist mit einer ersten Ansteuerelektronik 4.1 für die Verstellpumpe 1 verknüpft und durch diese ansteuerbar. Die Eingabe- und Recheneinheit 16 erhält von einem Druckaufnehmer 5, der mit dem parallelen Leitungszweig 1.2 für den Plastizierantrieb 15 verbunden ist, den Druckwert. In diesem Ausführungsbeispiel wird der Plastizierantrieb 15 als ausgewählter verfahrenstechnischer Verbraucher betrachtet und gesondert gesteuert und geregelt. Dazu befindet sich im parallelen Leitungszweig 1.2 vor dem Plastizierantrieb 15 ein Proportionaldrosselventil 8. Der Druckaufnehmer 5 ist über das Proportionaldrosselventil 8, eine dritte Ansteuerelektronik 7 und einen Tachogenerator 6 mit dem ausgewählten Verbraucher Plastizierantrieb 15 elektrisch so verknüpft, daß die Drehzahl des Plastizierantriebes 15 auf einem beliebig vorwählbaren Wert konstant gehalten werden kann. Die dritte Ansteuerelektronik 7 erhält dazu den Drehzahl-Sollwert über eine elektrische Leitungsverbindung aus der Eingabe- und Recheneinheit 16. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers für parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher besteht die Absicht, die Summe aller Teilströme zu den einzelnen Verbrauchern so zu wählen, daß bei parallel ablaufenden Maschinenfunktionen der Gesamtförderstrom der Verstellpumpe 1 nicht erreicht wird und dadurch das Druckniveau beliebig hoch vorwählbar ist. Das geschieht erfindungsgemäß dadurch, daß nach Eingabe der verschiedenen Druckwerte für die einzelnen Verbraucher 12, 13 und 15 durch die Eingabe- und Recheneinheit 16 aus den einzelnen Druckwerten der jeweils höchste Betriebsdruck ermittelt wird. Durch die erste Ansteuerelektronik 4.1 für die Verstellpumpe 1 wird danach dieses erfaßte Druckniveau an das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3, mit einem definiert vorgegebenen größeren Wert, weitergeleitet. Im Ergebnis kann nun über die hydraulische Druckregleinheit 2 der hydraulische Stelldruck für die Verstellpumpe 1 gesichert werden. Das bedeutet praktisch, daß das einmal gewählte Anlagendruckniveau immer konstant ist. Bei einem konstanten Druck  $p$  paßt sich die Verstellpumpe 1 automatisch dem jeweils not-

DE 42 29 950 C2

5

6

wendigen Druckmittelbedarf an. Die Entscheidung, wieviel Verbraucher mit welchen Parametern betrieben werden dürfen, ist in der Software der Spritzgießmaschine gelöst. Erfolgen keine gleichzeitigen Maschinenfunktionen, entscheidet die Software über die Anpassung des tatsächlich beim Plastizieren auftretenden Hydraulikdruckes am Druckaufnehmer 5, welches Druckniveau das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 einnehmen soll, um damit die Verstellpumpe 1 im erforderlichen Teillastbereich betreiben zu können. Wird z. B. die Maschinenfunktion Plastizieren in der Kühlzeit (Standzeit der übrigen Verbraucher) nicht abgeschlossen, so ist ein ganz bestimmter Ablauf notwendig, der vor Ablauf der Kühlzeit z. B. 2 Sekunden vorher, den Anlagendruck am Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 auf den Maximalwert verstellt, damit die volle Leistungsbereitschaft entsprechend der vorgewählten Eingabewerte der Eingabe- und Rechenheit, für die wieder neu hinzukommenden Verbraucher der Spritzgießmaschine gewährleistet ist. Der Drucksollwert der Verstellpumpe 1 wird nicht nur über die Regelung mittels Tachogenerator 6 und Proportionaldrosselventil 8 konstant gehalten, sondern gleichzeitig erfolgt eine drucküberlagerte Förderstromregelung über den Druckaufnehmer 5 in Verbindung mit dem Proportionaldrosselventil 8. Der erforderliche Druck mit dem Teilförderstrom, der sich je nach Bedarf ergibt, wird durch die Verstellpumpe 1 über die Leitungen 1.1 und 1.2 bereitgestellt. In den folgenden Fig. 2 bis 6 ist in Diagrammen der Druckverlauf  $p$  auf der y-Achse und die Zykluszeit  $t$  auf der x-Achse für eine unterschiedliche Anzahl von parallel geschalteten Verbrauchern, die mit a, b, c, d, e und f bezeichnet sind, für eine Be- oder Verarbeitungsmaschine mit unterschiedlichen Leistungsparametern dargestellt. Bei der Erläuterung dieser Figuren wird jeweils Bezug auf die in Fig. 1 dargestellte Schaltungsanordnung mit den drei parallel geschalteten Verbrauchern 12, 13 und 15 genommen, die sinngemäß für die Verbraucher a, b, c, d, e und f in den Fig. 2 bis 6 Gültigkeit hat. Im Diagramm in Fig. 2 sind drei Verbraucher a, b und c erkennbar, die mit unterschiedlichen Druckwerten betrieben werden. Die erforderlichen Druckwerte für diese Verbraucher werden in die Eingabe- und Rechenheit 16 (Fig. 1) eingegeben. Durch die erste Steuerelektronik 4.1 für die Verstellpumpe 1 wird dann der höchste Betriebsdruck bzw. Solldruck  $p_{sol}$  ermittelt und an das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 mit einem definierten größeren Wert unterhalb des maximalen Anlagendruckes  $p_{max}$  vorgegeben. Aus der Fig. 2 ist ferner erkennbar, daß der Verbraucher b bei Einschaltbeginn noch parallel mit dem Verbraucher a über eine gewisse Zeit, danach alleine und schließlich mit dem Verbraucher c parallel betrieben wird, der als Verbraucher den Zyklus alleine beendet. Mit Hilfe der hydraulischen Druckregelung 2 wird während dieser Zykluszeit über die Verstellpumpe 1 der erforderliche Volumenstrom und Druckbedarf gesichert. Diese Ausführungsform erfordert den geringsten Softwareaufwand bei der Realisierung der Erfindung.

Aus Fig. 3 ist in analoger Weise für sechs Verbraucher a, b, c, d, e, und f der Druckverlauf während eines Zyklusses ersichtlich. Der Verbraucher d ist der Verbraucher, der einen Großteil der Zykluszeit für sich beansprucht. Aus der unterschiedlichen Flächendarstellung der einzelnen Verbraucher, die sich in bestimmten Zeitbereichen überlappen, ist erkennbar, welche Verbraucher zu welcher Zeit des Zyklusses parallel betrieben werden. Auf der Zeitachse  $t$  ist die Leistungsaufnahme

des Verbrauchers  $d$  durch den Zeitabschnitt  $t_1$  bis  $t_2$  gekennzeichnet. Für den Verbraucher  $d$ , der eine besondere verfahrenstechnische Priorität besitzt, erfolgt erfindungsgemäß eine gesonderte Regelung mit Hilfe des Druckaufnehmers 5. Dabei wird durch die Eingabe- und Rechenheit 16 eine ständige Anpassung des aktuellen Druckwertes vorgenommen. Die Druckregelung erfolgt immer dann, wenn die Eingabewerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher  $c$  und  $e$  niedriger sind als der aktuelle Druckwert ist. Im Diagramm ist der geregelte Druckwert  $p_{reg}$  als Kurve im Zeitabschnitt von  $t_1$  bis  $t_2$  erkennbar, die unterhalb des als Gerade dargestellten Solldruckes  $p_{sol}$  verläuft. Im Vergleich zur Ausführungsform nach Fig. 2 bietet diese Variante den Vorteil, daß über Zeitabschnitte des Gesamtzyklusses eine Energieeinsparung durch den angepaßten Regeldruck  $p_{reg}$  möglich ist.

Eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens ist aus Fig. 4 ersichtlich. Die Steuerung und Regelung der Verstellpumpe 1 erfolgt für drei parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher a, b und c, wovon die Verbraucher a und b zeitweilig gemeinsam betrieben werden. Erfindungsgemäß wird der ersten Ansteuerelektronik 4.1 für die Verstellpumpe ein Differenzdruck  $p_{diff}$  z. B. von 10 bar vorgegeben, der sich nach dem vorgewählten Druck  $p_{sol}$  die Eingabe- und Rechenheit 16 bestimmt. Aus dem Differenzdruck wird ein Ansteuersignal für den vorgegebenen Pumpendruck abgeleitet. Durch die erste Ansteuerelektronik 4.1 wird dieses Ansteuersignal als Summe aus dem Differenzdruck plus dem höchsten Verbraucherdruck durch die Eingabe- und Rechenheit 16 bestimmt und damit der Mindestdruckbedarf gesichert. Die Ausführungsvariante in Fig. 4 ermöglicht durch den Differenzdruck  $p_{diff}$  eine energetisch optimalere Anpassung als der in Fig. 2 dargestellte Eingabedruckwert  $p_{sol}$ .

In Fig. 5 ist eine analoge Ausführungsvariante gemäß Fig. 4 mit drei Verbrauchern für eine verfahrenstechnische Steuerung und Regelung veranschaulicht, bei der die Vorgabe des Solldruckwertes  $p_{sol}$  nach einer Entscheidungstabelle erfolgt. Dazu wird von der ersten Ansteuerelektronik 4.1 aus den Eingabewerten der Eingabe- und Rechenheit 16 und/oder den Druckistwerten mindestens eines Druckaufnehmers 5 eine Entscheidung getroffen. Die Entscheidung wird in Abhängigkeit von der Priorität der momentanen Funktion nach einer vorgegebenen Entscheidungstabelle gefällt. Dadurch ist es möglich, daß der Pumpendruck  $p$  über das Proportionaldruckbegrenzungsventil 3 und die Druckregelung 2 vorgebar ist. Diese Anpassung ermöglicht eine verbesserte ökonomische Betriebsweise gegenüber den bisher beschriebenen Varianten.

Aus Fig. 6 ist eine Steuerungs- und Regelungsvariante der Erfindung entnehmbar, die aus technischer Sicht den höchsten Komfort aufweist. Am Beispiel von vier parallel geschalteten unterschiedlichen hydraulischen Verbrauchern a, b, c und d ist ein sich zyklisch wiederholender verfahrenstechnischer Funktionsablauf in einer Werkzeug- oder Verarbeitungsmaschine in zwei Arbeitszyklen dargestellt. Aus der graphischen Darstellung ist der unterschiedliche Leistungsbedarf der einzelnen Verbraucher a, b, c und d und der zeitweilige parallele Betrieb der Verbraucher a und b sowie c und d ersichtlich. In jedem ersten Zyklus, der in Fig. 6 im linken Bild dargestellt ist, wird der maximale Betriebsdruck  $p_{max}$  als Pumpendruck vorgegeben. Der tatsächliche Druckverlauf wird dann über vorzuziehende Druck-

DE 42 29 950 C2

7

8

und Zeitzugaben als Hüllkurve durch Eingabe- und Recheneinheit 16 ermittelt. Im nächstfolgenden Zyklus, der rechts in Fig. 6 dargestellt ist, wird aufgrund der Ähnlichkeit der sich wiederholenden Be- oder Verarbeitungsprozesse nach der ermittelten Hüllkurve der Pumpendruck gesteuert. Dabei findet zum vorhergehenden Zyklus ein Soll/Istvergleich statt, durch den eine Korrektur der Hüllkurve vorgenommen wird. Das ist ein ständig sich selbstoptimierender Prozeß für jeden sich wiederholenden Zyklus. Die in den Fig. 5 und 6 dargestellten Ausführungsformen sind zwei Möglichkeiten für einen energieökonomisch gleichwertigen Verfahrensablauf. Auf der Grundlage der verfahrenstechnisch erläuterten Ausführungsvarianten der Erfindung ist erkennbar, daß es möglich ist, ohne die Verwendung von zusätzlicher Ventiltechnik, z. B. angeordnet in einem Ventilblock (Pumpenblock), die von der druckgeregelten hydraulischen Verstellpumpe erzeugte Antriebsleistung auf einem sich ständig veränderndem Druckniveau bereitzustellen, wodurch eine erhebliche Verbesserung des energetischen Wirkungsgrades erreicht wird.

## Bezugszeichenliste

1 — Verstellpumpe	25
1.1 — Förderleitung	
1.2 — Leitungszweig	
1.3 — Leitungszweig	
2 — Druckregleinheit	
3 — Proportionaldruckbegrenzungsventil	30
4.1 — erste Ansteuerelektronik für Verstellpumpe	
4.2 — zweite Ansteuerelektronik für die Verbraucher	
5 — Druckaufnehmer	
6 — Tachogenerator	
7 — dritte Ansteuerelektronik für Proportionaldrosselventil	35
8 — Proportionaldrosselventil	
9 — Ventiltechnik	
10 — Ventiltechnik	
11 —	40
12 — Verbraucher Schließseinheit	
13 — Verbraucher Spritzeinheit	
14 — Anlagensicherheitsventil	
15 — Verbraucher Plastizierantrieb	
16 — Eingabeeinheit und Recheneinheit	45
p — Förderdruck in bar	
p <sub>max</sub> — maximaler Anlagendruck	
p <sub>Diff</sub> — Differenzdruck	
p <sub>Soll</sub> — vorgewählter Druck der Eingabeeinheit	
p <sub>Ent</sub> — vorgewählter Druck nach Entscheidungstabelle	50
p <sub>reg</sub> — geregelter Druck	
t — Zeitachse	
a — Verbraucher	
b — Verbraucher	
c — Verbraucher	55
d — Verbraucher	
e — Verbraucher	
f — Verbraucher	

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers, beispielsweise einer Verstellpumpe, für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen mit zyklisch wiederkehrenden Arbeitsabläufen, die von dem Druckerzeuger mit Druckmittel versorgt werden,

wobei die Parameter für die Verbraucher und die Drucksollwerte für den Druckstromerzeuger durch eine Eingabe- und Recheneinheit vorgegeben werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingabe- und Recheneinheit (16) nach der Eingabe der Druckwerte und der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der einzelnen Verbraucher eine Hüllkurve für den gesamten Arbeitszyklus berechnet, die den vom Druckstromerzeuger (1) zu liefernden Druckverlauf über der Zeit vorgibt, so daß der Druckstromerzeuger (1) zu jedem Zeitpunkt genau den Druckbedarf sicherstellt, der sich aus der Anzahl und den jeweiligen Leistungsanforderungen der sich in Betrieb befindlichen Verbraucher (12, 13, 15) ergibt (Fig. 5).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem für einen ausgewählten verfahrenstechnischen Verbraucher (15) mit durchschnittlich hohem Energiebedarf eine Regelung mittels Druckaufnehmer (5) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß eine ständige Anpassung des aktuellen Druckwertes zum Eingabewert der Eingabe- und Recheneinheit (16) vorgenommen wird und diese Druckregelung immer dann geschieht, wenn die vorgegebenen Druckwerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher niedriger sind als der aktuelle Druckwert für den ausgewählten Verbraucher (15) ist (Fig. 3).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 mit sich zyklisch wiederholendem verfahrenstechnischen Funktionsablauf in der Werkzeug- oder Verarbeitungsmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß bei jedem ersten Zyklus der maximale Betriebsdruck als Pumpendruck für den Druckstromerzeuger (1) vorgegeben wird und der tatsächliche Druckverlauf über vorzugebende Druck- und Zeitzugaben als Hüllkurve durch die Eingabe- und Recheneinheit ermittelt wird und in den nächstfolgenden Zyklen aufgrund der Ähnlichkeit der Prozesse nach dieser Hüllkurve der Pumpendruck gesteuert wird.

4. Einrichtung zur Steuerung und Regelung eines Druckstromerzeugers, beispielsweise einer Verstellpumpe, für mehrere parallel geschaltete unterschiedliche hydraulische Verbraucher in Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen mit zyklisch wiederkehrenden Arbeitsabläufen, die vom Druckstromerzeuger mit Druckmittel versorgt werden, mit einer Eingabe- und Recheneinheit, welche die Parameter für die Verbraucher und die Drucksollwerte für den Druckstromerzeuger vorgibt, dadurch gekennzeichnet, daß die Eingabe- und Recheneinheit (16) einerseits mit einer ersten Ansteuerelektronik (4.1), welche den Druck des Druckstromerzeugers (1) steuert, und andererseits mit mindestens einer zweiten Ansteuerelektronik (4.2, 7), welche die Verbraucher steuert, verbunden ist, wobei die Eingabe- und Recheneinheit (16) nach der Eingabe der Druckwerte und der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der einzelnen Verbraucher eine Hüllkurve für den gesamten Arbeitszyklus berechnet, die den vom Druckstromerzeuger (1) zu liefernden Druckverlauf über der Zeit vorgibt, so daß der Druckstromerzeuger (1) zu jedem Zeitpunkt genau den Druckbedarf sicherstellt, der sich aus der Anzahl und den jeweiligen Leistungsanforderungen der sich in Betrieb befindlichen Verbraucher (12, 13, 15) ergibt.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckstromerzeuger eine Ver-

DE 42 29 950 C2

9

10

stellpumpe (1) ist, deren Druckregeleinrichtung (2) ein Proportionaldruckregelventil (3) zugeordnet ist, welches von der ersten Ansteuerelektronik (4.1) verstellt wird.

6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß einem ausgewählten Verbraucher (15) mit hohem Energiebedarf ein mit der Eingabe- und Recheneinheit (16) verbundener Druckaufnehmer (5) zugeordnet ist, so daß nur für diesen Verbraucher eine von der Hüllkurve abweichende Druckregelung möglich ist, wenn die Druckwerte der anderen parallel betriebenen Verbraucher geringer sind als der vom Druckaufnehmer (5) gemessene Druckwert.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

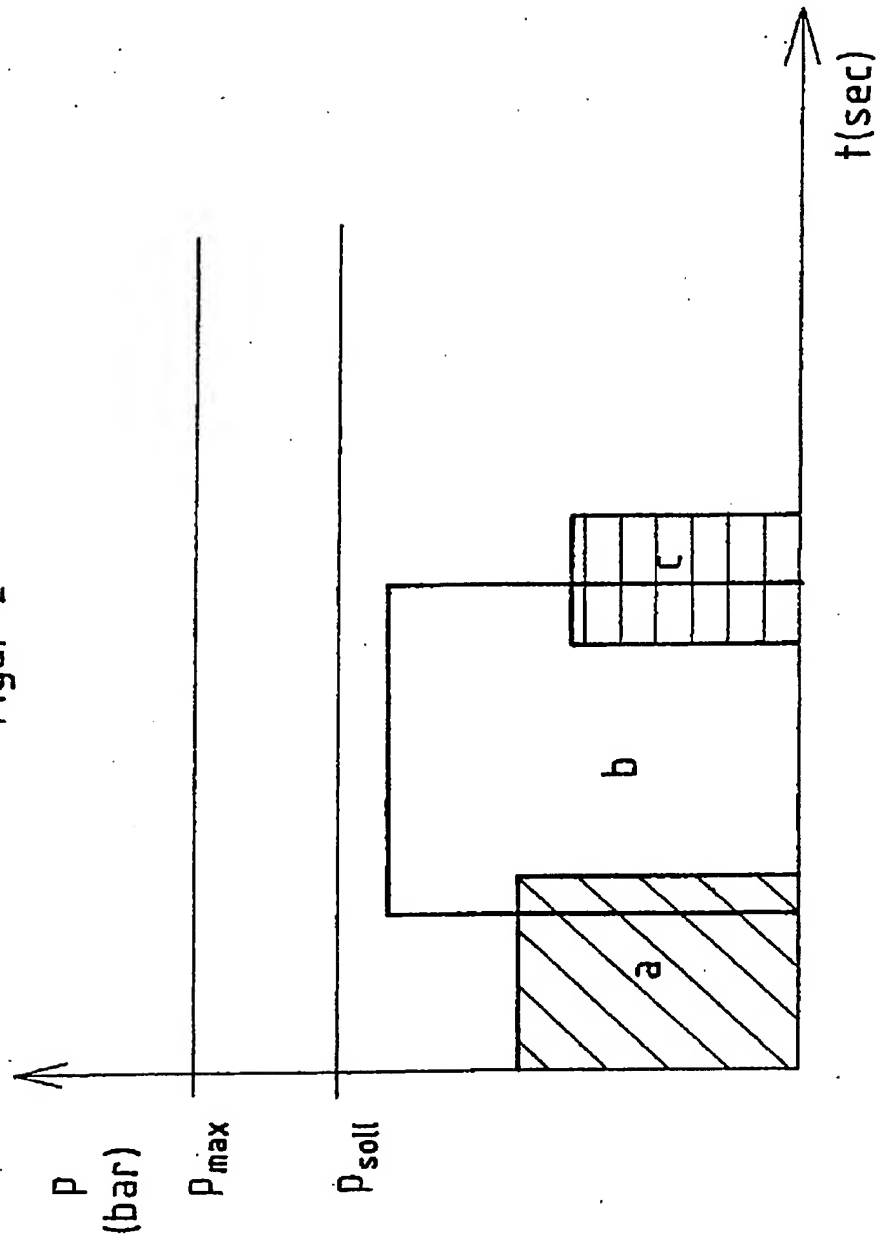
65



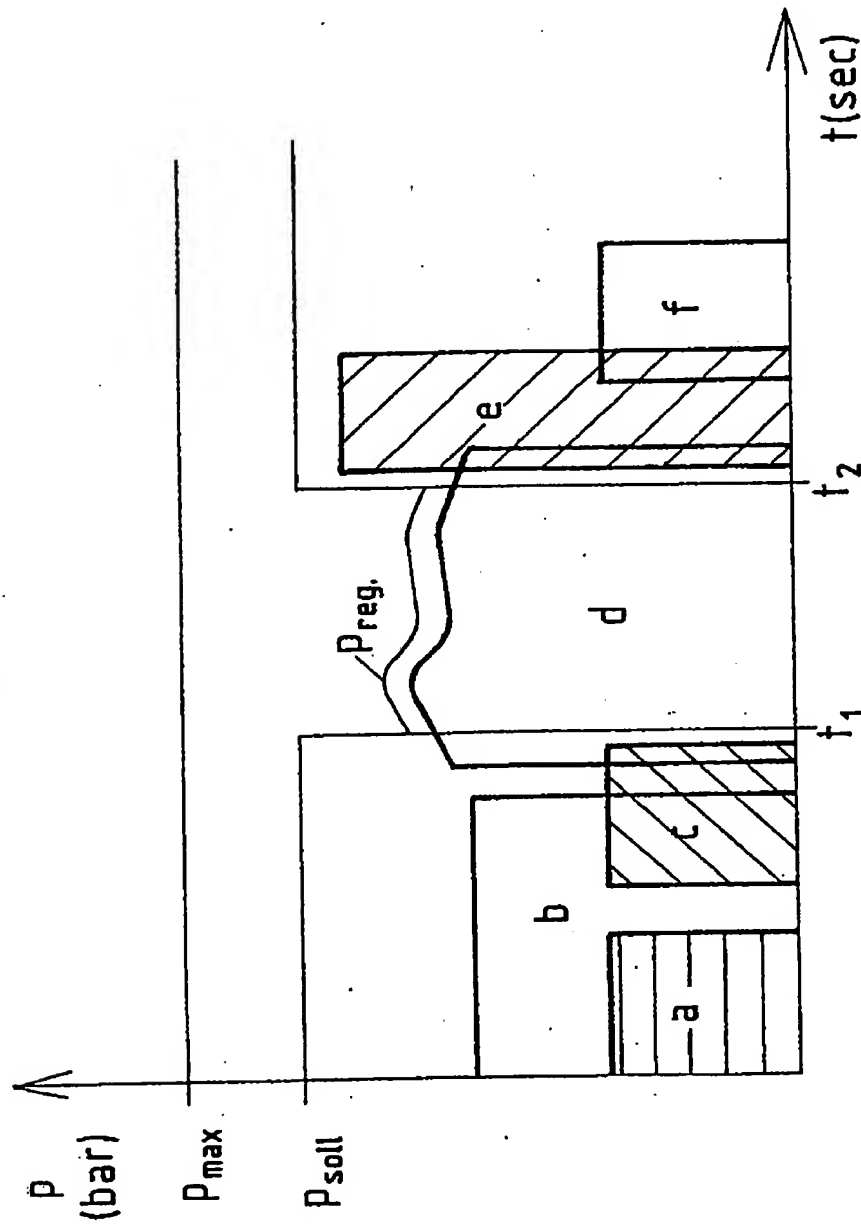




Figur 2



Figur 3



ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:

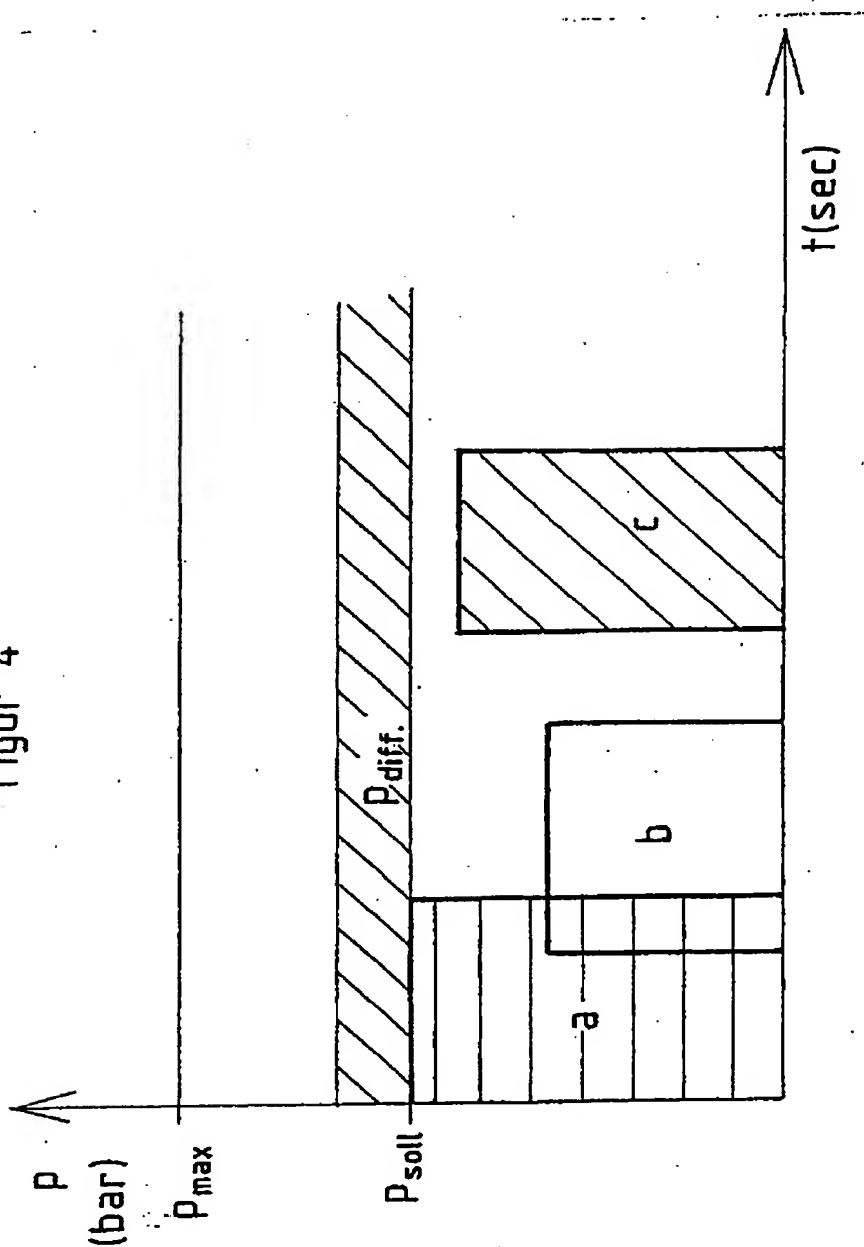
DE 42 29 950 C2

Int. Cl.:

F04 B 1/08

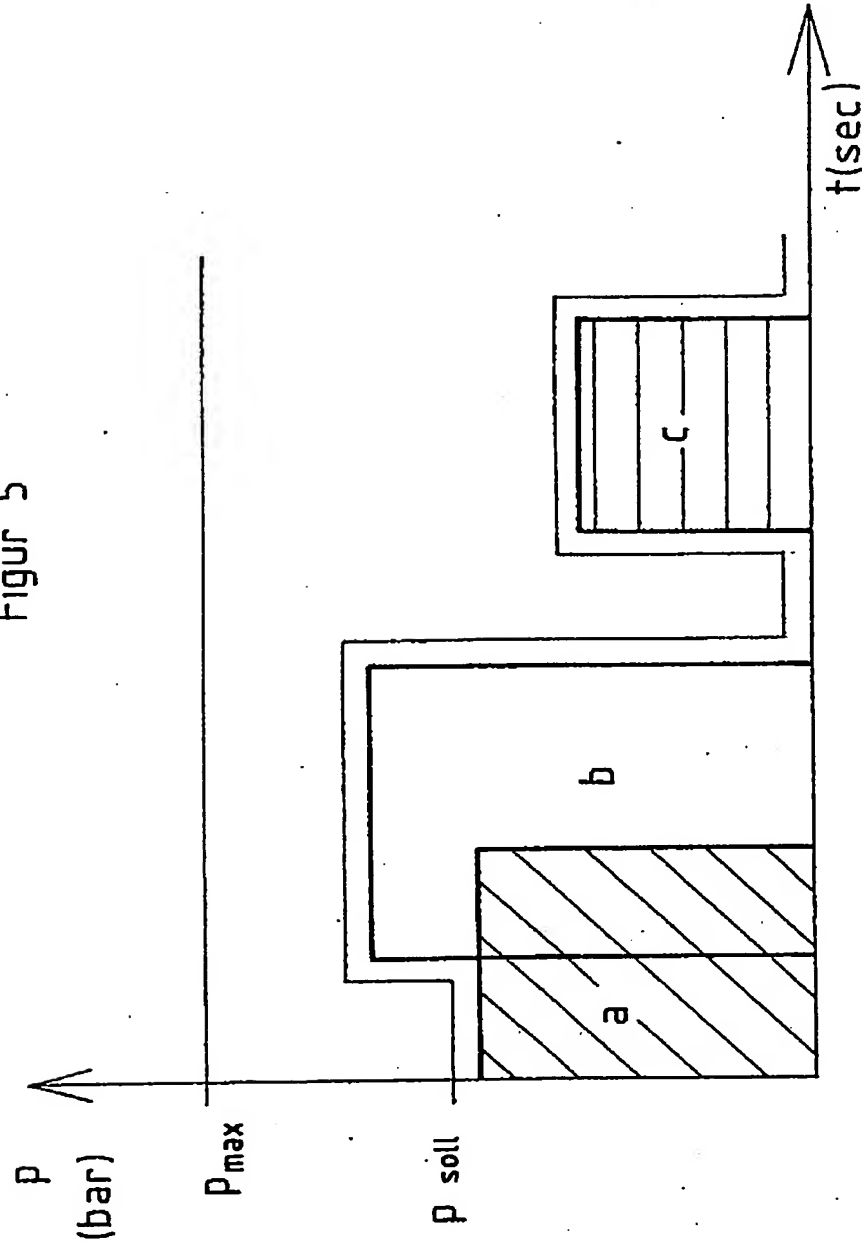
Veröffentlichungstag: 1. Februar 1996

Figur 4



508 165/155

Figur 5



508 165/155

